

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ТОКАРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ УТ-16

В.И. Жиганов, кандидат технических наук, доцент
Р.Ш. Халимов, аспирант

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

Как было отмечено в [2, 3], одним из направлений повышения эффективности процесса проектирования станочного оборудования является прогнозирование последствий проектного решения на стадии его принятия путем математического моделирования. Решение данной задачи осуществляется с использованием метода конечных элементов (МКЭ) [4] и реализуется в виде пакета прикладных программ для ЭВМ. В частности, для решения поставленной задачи статического и динамического анализа несущей системы металлорежущего станка существует программный комплекс ANSYS, который применяется для инженерных расчетов [1, 5, 6].

В работе [5] показана структурная схема МКЭ, из которой видно, что в конечном итоге мы должны получить расчетную модель станка. Расчетная модель - геометрическое представление объекта, которое разбивается затем сеткой конечных элементов. Причем геометрическая модель представляет объект, который максимально совпадает по форме и размерам с реальным станком.

Рассмотрим этапы построения гео-

метрической модели на примере токарного станка мод. УТ-16, (рис.1). Для разработки модели воспользуемся программным продуктом компании АСКОН «Компас 3D V10» [7], предназначенным для трехмерного моделирования механизмов и деталей машин, позволяя транспортировать геометрическую модель в пакет прикладных программ ANSYS.

По рабочим чертежам токарного станка были определены его базовые детали с основными габаритными размерами и особенностями их построения (упрощения, которые не оказывают влияния на точность расчета). К таким базовым деталям в станке мод. УТ-16 относятся: станина, задняя бабка, суппорт верхний (резцедержатель), основание суппорта, корпус шпиндельной бабки, салазки, каретка, фартук, основание, шпиндель. По рекомендации [1], при моделировании НС станка следует использовать оболочковые модели базовых деталей, это позволяет упростить расчетную модель, а также сократить время расчета. Стенки представленных базовых деталей удовлетворяют определению оболочки, т.к. их толщина не превышает 30 – 50 мм. При

моделировании базовых деталей по возможности они упрощались и учитывались только основные их конструктивные особенности.

Геометрическая модель основания показана на рис. 2. Основание представляет собой массивное жесткое тело, принимая это во внимание, строим упрощенную модель, удалив из нее ряд внутренних ребер, не оказывающих большого влияния на жесткость.

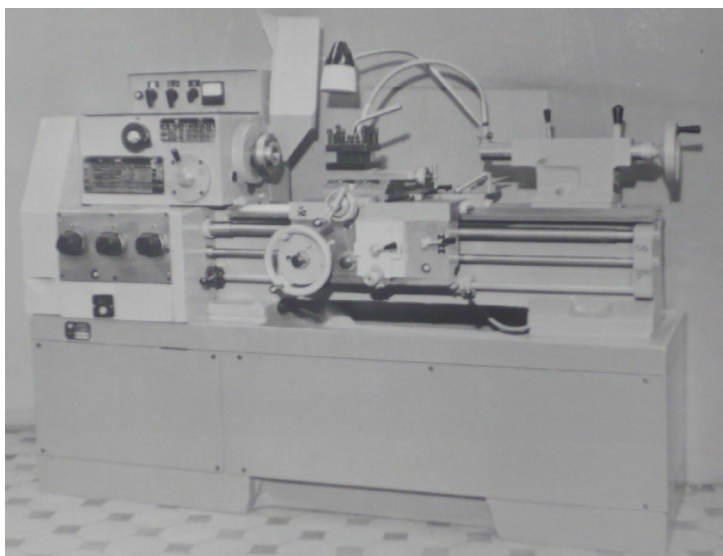


Рис. 1 Общий вид станка мод. УТ-16

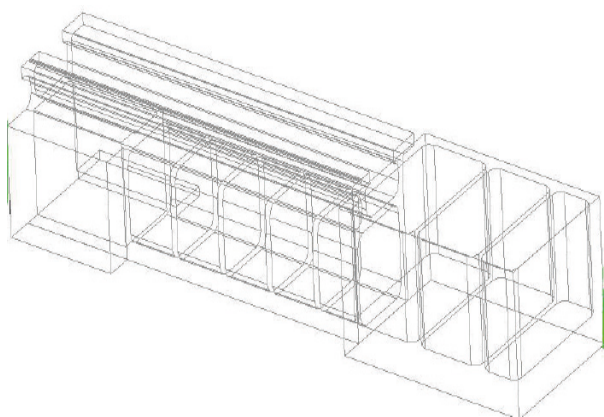


Рис. 2. Геометрическая модель основания

При построении геометрической модели станины (рис. 3) учитывались все внутренние ребра жесткости (в данном варианте принято их перпендикулярное направление к направляющим станины), размеры, а также форма поперечного сечения. Достаточно подробно представлены направляющие. Не учитывались технологические литейные уклоны, радиусы скруглений, выемки под приводные ремни от электродвигателя и системы смазки в нижней части станины, карманы под крепежные болты.

При моделировании салазок (рис. 4), каретки (рис. 5), основания суппорта (рис.6),

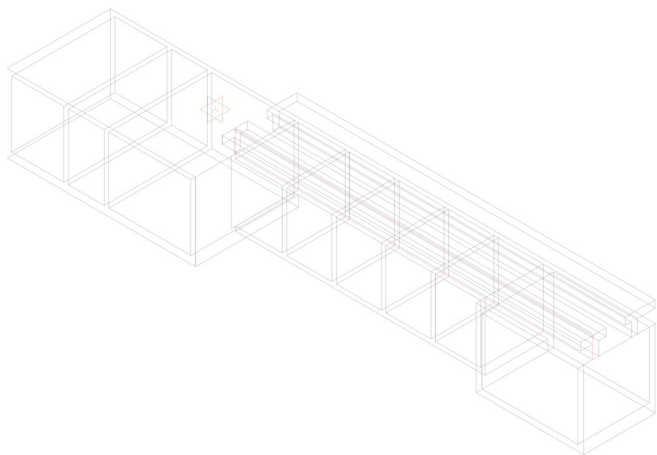


Рис. 3. Геометрическая модель станины

суппорта верхнего (рис. 7), фартука (рис. 8) не учитываются различные мелкие второстепенные ребра жесткости. Также не учитываются различные уклоны, радиусы скруглений.

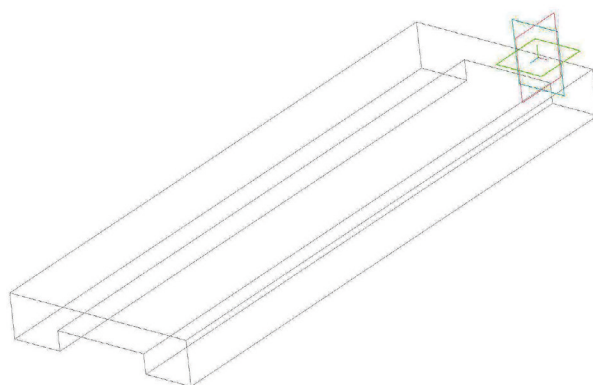


Рис. 4. Геометрическая модель салазок

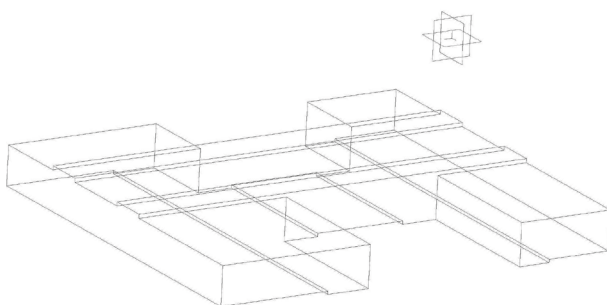


Рис. 5. Геометрическая модель каретки

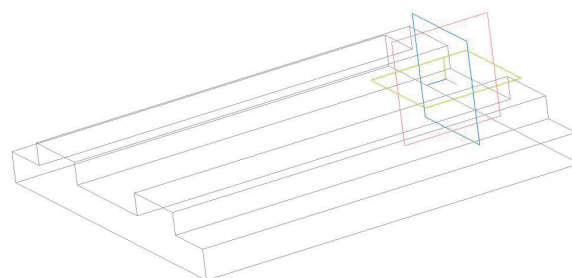


Рис. 6. Геометрическая модель основания суппорта

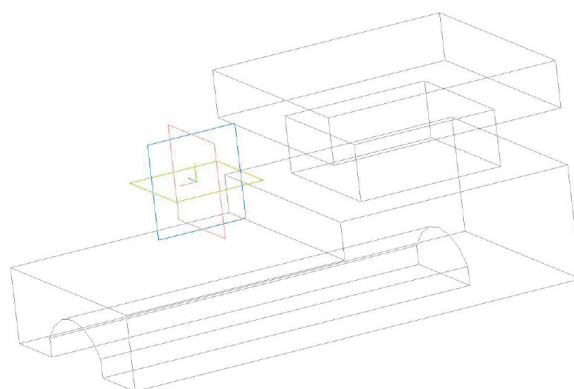


Рис. 7. Геометрическая модель суппорта верхнего

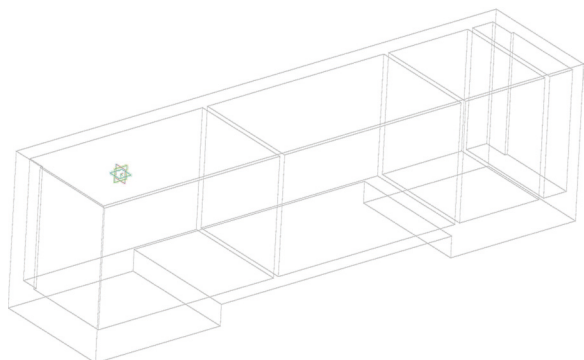


Рис. 8. Геометрическая модель фартука

В геометрических моделях передней бабки (рис. 9) и задней бабки (рис.10) не учитываются второстепенные ребра жесткости, а также внутренние технологические окна в этих ребрах.

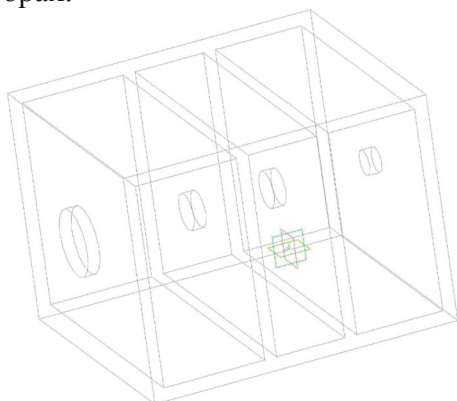


Рис. 9. Геометрическая модель шпиндельной бабки

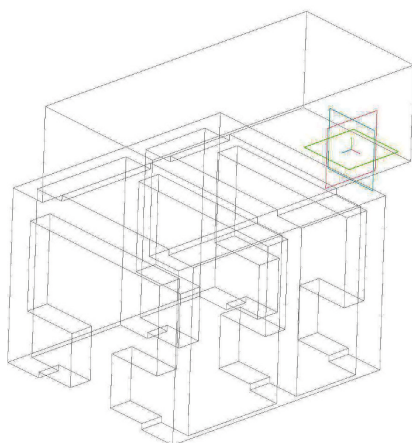


Рис. 10. Геометрическая модель задней бабки

Для обеспечения соответствия геометрической модели НС станка его действительной конструкции не только по жесткостным, но и по массе – инерционным характеристикам необходимо учесть и внести в модель массу внутренних узлов и механизмов, находящихся внутри базовых деталей токарного станка.

Выполняется это с помощью корректировки плотности материала деталей в ее расчетной модели НС, создав равенство массы модели и реальной базовой конструкции со всеми механизмами.

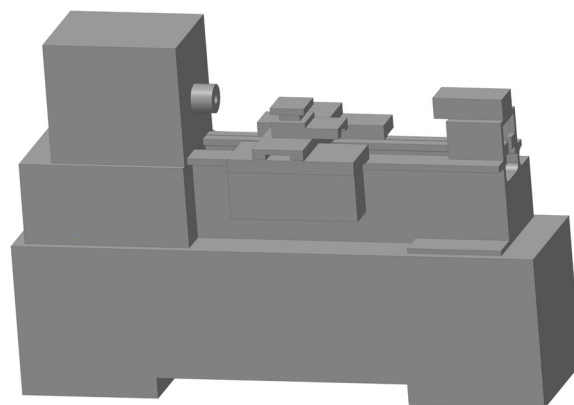


Рис. 11. Геометрическая модель токарного станка мод. УТ-16

Построение общей геометрической модели токарного станка мод. УТ-16 (рис. 11) начинается с разработки геометрической модели основания, затем достраиваем станину, на направляющие которой устанавливаем суппорт в сборе (каретка, салазки, основание верхнего суппорта, резцедержатель), к каретке подсоединяем фартук. Также на станину устанавливаем корпус передней бабки и заднюю бабку. В корпус передней бабки мы устанавливаем геометрическую модель шпинделя. После проделанных действий разработка геометрической модели НС токарного станка мод. УТ-16 закончена. Полученная геометрическая модель станка в дальнейшем разбивается сеткой конечных элементов и получается расчетная модель (рис. 12) для вычисления динамических характеристик.

Как было замечено выше, важная задача при конструировании станков – это определение устойчивости замкнутой динамической системы станка при резании, путем математического моделирования. Для этого нам необходима характеристика разомкнутой системы (несущей системы станка). Разомкнем систему по «зоне резания». Это означает, что гармоническую нагрузку к модели НС станка мы должны приложить в зоне резания или максимально близко от нее. Идеальный вариант – это приложить нагрузку к модели режущего инструмента, закрепленного в резцедержателе и парную нагрузку (-1 Н) приложить

к модели обрабатываемой заготовки. Нагрузку при предварительном расчете приложим в зоне торца шпинделя.

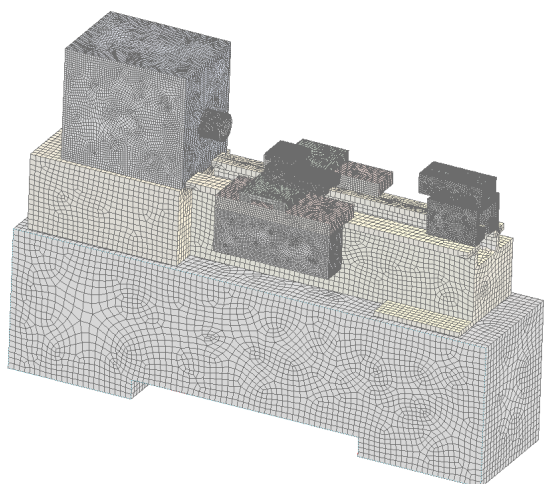


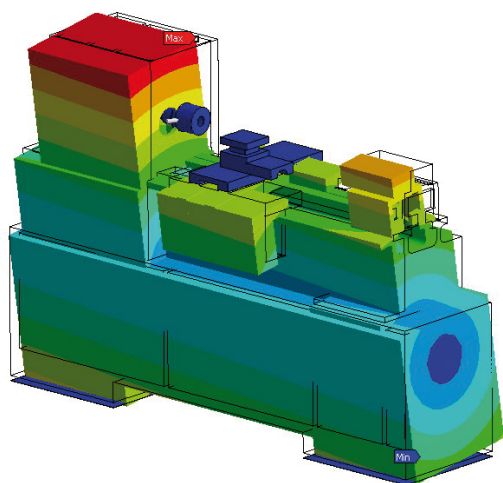
Рис. 12. Расчетная модель токарного станка

Осуществляем расчет собственных частот элементов НС. Эти данные необходимы

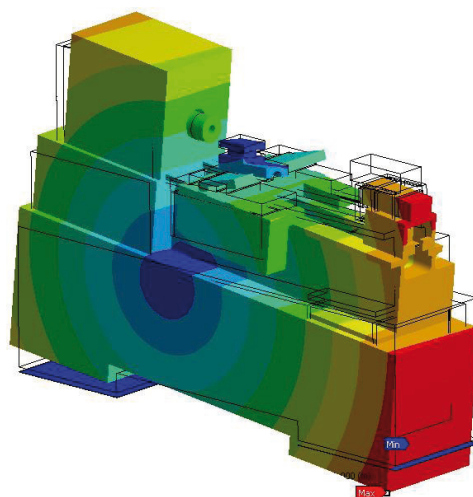
для расчета параметров демпфирования [1, 5].

После завершения расчета важными результатами являются собственные частоты станка и вид формы его собственных колебаний на каждой из частот.

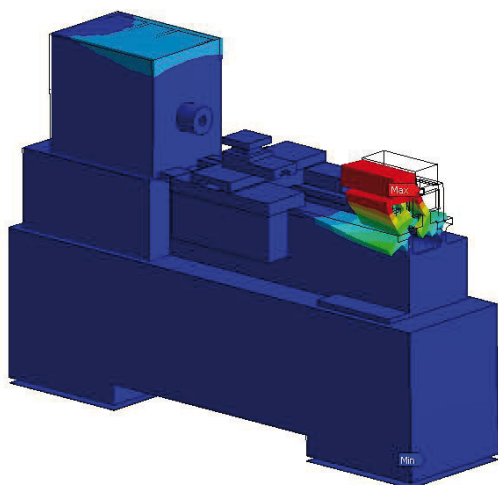
Просмотр и анализ результатов собственных колебаний необходим для нахождения собственной частоты у каждого элемента НС (базовая деталь, стык, опора), и выявления той частоты, на которой колебания всей НС определяются преимущественно именно этим элементом. Другими словами, это означает то, что нужно найти такую собственную частоту, на которой колебания рассматриваемого элемента НС максимальны, а остальных элементов незначительны. Необходимо избегать совпадения собственных частот основных узлов НС, особенно при проектировании прецизионных станков. Некоторые расчетные формы колебаний НС станка в диапазоне низких резонансных частот представлены на ри-



а)



б)



в)

Рис. 13. Расчетные формы колебаний НС станка мод. УТ-16 на резонансных частотах: а-на 1 резонансной частоте 10Гц; б-на 2 резонансной частоте 14 Гц; в-на 3 резонансной частоте 211 Гц.

сунке 13.

Из рисунка 13 видно, что на первой и второй низких резонансной частотах (рис. 13, а, б) станок раскачивается на своих опорах, а также имеются отклонения базовых деталей относительно друг друга. Значит колебания станка на частотах 10 и 14 Гц определяются в первую очередь выбором опор станка, особенно это видно на резонансной частоте 14 Гц. Также видно, что стык «направляющие-каретка» совершает наибольшее колебание. На третьей резонансной частоте (рис. 13, в) на колебания НС станка мод. УТ-16 оказывает наибольшее влияние задняя бабка на направляющих, колебания остальных элементов НС незначительные. Приведенные результаты по-

казывают необходимость изменения конструкции, количества и расположения опор станка, а также о необходимости изменить конструктивные параметры и физико-механические свойства стыка «направляющие – каретка».

Таким образом наглядно показаны особенности построения геометрических моделей оболочковой формы отдельных базовых деталей НС токарного станка мод. УТ-16, которая предназначена для нанесения сетки конечных элементов и получения расчетной модели для определения динамических характеристик данного станка. Получены расчетные формы колебаний НС станка мод. УТ-16 на резонансных частотах. Дана оценка влияния колебаний базовых деталей на НС станка в целом.

Литература:

1. Еремин Н.В. Улучшение динамических характеристик фрезерных станков на основе моделирования их несущих систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Ульяновск, 2004 – 189 с.
2. Жиганов В.И. Некоторые способы улучшения динамических характеристик технологической системы токарного станка/ В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов// Материалы Всероссийской научно-практической конференции “Молодежь и наука 21 века”. – Ульяновск: УГСХА, 2007.
3. Жиганов В.И. Моделирование стыка пары трения “ползун - направляющие” и факторы, определяющие точность расчета/ В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов// Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской научн. – практ. конф.- Ульяновск, УГСХА – Ульяновск: УГСХА, 2008.
4. Пахмутов В.А. Использование метода конечных элементов для анализа конструкции базовых деталей тяжелых станков/ В.А. Пахмутов, А.Я. Шалдыбин// Станки и инструмент. – 1992. – №2. – С.7 – 9.
5. Сергейкин О.А. Влияние силовых смещений корпусных деталей на точность станков: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2004 – 173 с.
6. www.ansys.com
7. www.ascon.ru